

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-314955

(43)Date of publication of application : 14.11.2000

(51)Int.Cl.

G03F 1/14
H01L 21/027

(21)Application number : 11-124529

(71)Applicant :

CANON INC

(22)Date of filing : 30.04.1999

(72)Inventor :

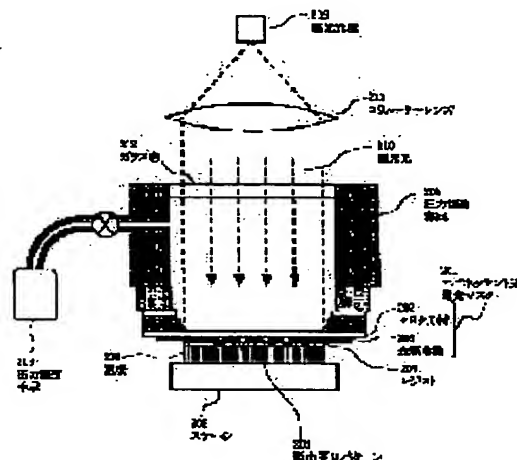
KURODA AKIRA
YAMAGUCHI TAKAKO

(54) EVANESCENT PHOTOEXPOSURE MASK AND EVANESCENT PHOTOEXPOSURE DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an exposure mask which has optimum conditions of the wavelength of the light to be used of the exposure mask and the thickness of a metallic thin film by using the evanescent light oozing from minute aperture patterns and an exposure device having an optimum exposure time.

SOLUTION: This evanescent photoexposure device is arranged with the mask having the metallic film formed with the minute aperture pattern of ≤ 100 nm in width on the front surface in such a manner that its front surface faces the object to be exposed. The device irradiates the backside of the mask with the light for exposure from the exposure light source and executes the latent image formation and transfer of the minute aperture patterns of the object to be exposed by the evanescent light oozing from the minute aperture patterns. $L = \ln A \cdot \lambda / 2$, k is satisfied when \ln is defined as a natural logarithm, λ as a light wavelength for exposure, k is an attenuation coefficient of metal forming the thin film, A as an integer of $3 < A < 30$ and the film thickness of the metallic thin film as L . $P \cdot t < E_{th} \cdot A$ is satisfied when E_{th} is defined as the exposure sensitivity of the object to be exposed, the power of the light for exposure as p and the exposure time as t .



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-314955

(P2000-314955A)

(43) 公開日 平成12年11月14日 (2000.11.14)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

ターマート* (参考)

G 0 3 F 1/14

G 0 3 F 1/14

Z 2 H 0 9 5

H 0 1 L 21/027

H 0 1 L 21/30

5 0 2 D 5 F 0 4 6

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号

特願平11-124529

(22) 出願日

平成11年4月30日 (1999.4.30)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 黒田 亮

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(72) 発明者 山口 貴子

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(74) 代理人 100088328

弁理士 金田 暢之 (外2名)

Fターム (参考) 2H095 BA03 BB02 BB10 BB17 BB25

BC01 BC05

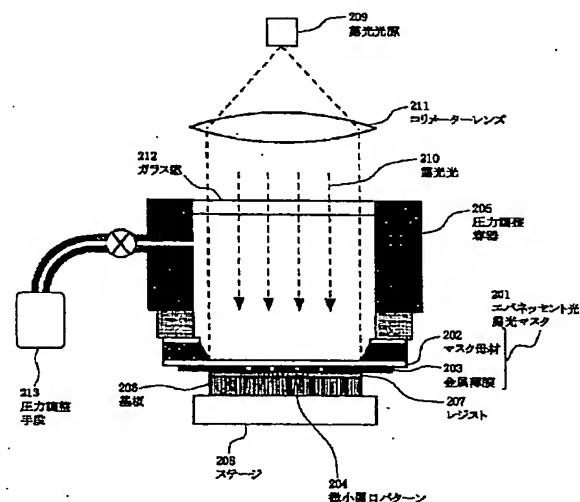
5F046 BA02 DA16

(54) 【発明の名称】 エバネッセント光露光マスク及びエバネッセント光露光装置

(57) 【要約】

【課題】 微小開口パターンからしみ出るエバネッセント光を用い、露光マスクの使用光波長と金属薄膜の厚みとの最適条件を持つ露光マスクと最適な露光時間を有する露光装置を提供する。

【解決手段】 本発明のエバネッセント光露光装置は、おもて面に幅が100nm以下の微小開口パターンが形成された金属薄膜を有するマスクのおもて面を被露光物に対向して配置し、露光光源から露光用の光をマスク裏面に所定の時間照射し、微小開口パターンからしみ出るエバネッセント光により、被露光物の微小開口パターンの潜像形成と転写を行う露光装置で、 \ln を自然対数、 λ を露光用光波長、 k を薄膜を形成する金属の消費係数、 A を $3 < A < 30$ なる整数とし、金属薄膜の膜厚を L とする時、 $L = \ln A \cdot \lambda / 2 \pi k$ を満たし、 E_{th} を被露光物の露光感度とし、露光用の光のパワーを P 、露光時間を t とする時、 $P \cdot t < E_{th} \cdot A$ を満たす。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 おもて面に幅が 100 nm 以下の開口からなる微小開口パターンが形成された金属薄膜を有するマスクのおもて面を被露光物に対向して配置し、露光光源から露光用の光を該マスク裏面に照射し、該微小開口パターンからしみ出るエバネッセント光により、該被露光物の該微小開口パターンの転写を行うためのエバネッセント光露光マスクであって、

\ln を自然対数、 λ を露光用の光の波長、 k を薄膜を形成する金属の消衰係数、 A を $3 < A < 30$ なる整数とし、該金属薄膜の膜厚を L とする時、

$$L = \ln A \cdot \lambda / 2 \pi k$$

を満たすエバネッセント光露光マスク。

【請求項 2】 おもて面に幅が 100 nm 以下の開口からなる微小開口パターンが形成された金属薄膜を有するマスクのおもて面を被露光物に対向して配置し、露光光源から露光用の光を該マスク裏面に所定の時間照射し、該微小開口パターンからしみ出るエバネッセント光により、該被露光物の該微小開口パターンの転写を行うためのエバネッセント光露光装置であって、

\ln を自然対数、 λ を露光用の光の波長、 k を薄膜を形成する金属の消衰係数、 A を $3 < A < 30$ なる整数とし、該金属薄膜の膜厚を L とする時、

$$L = \ln A \cdot \lambda / 2 \pi k$$

を満たし、

E_{th} を該被露光物の露光感度とし、該露光用の光のパワーを P 、露光時間を t とする時、

$$P \cdot t < E_{th} \cdot A$$

を満たすエバネッセント光露光装置。

【請求項 3】 請求項 1 に記載のエバネッセント光露光用マスクを用いて該マスク上のパターンを転写した基板を加工処理することによりデバイスを製造することとを特徴とするデバイスの製造方法。

【請求項 4】 請求項 2 に記載のエバネッセント光露光装置を用いてパターンを転写した基板を加工処理することによりデバイスを製造することとを特徴とするデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は微細加工装置に用いられる露光マスク及び、これを用いた露光装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 半導体メモリの大容量化や CPU プロセッサの高速化・大集積化の進展と共に、光リソグラフィーのさらなる微細化は必要不可欠のものとなっている。一般に光リソグラフィー装置における微細加工限界は、用いる光の波長程度である。このため、光リソグラフィー装置に用いる光の短波長化が進み、現在は近紫外線レーザーが用いられ、0.1 μ m 程度の微細加工が可能と

なっている。

【0003】 このように微細化が進む光リソグラフィーであるが、0.1 μ m 以下の微細加工を行うためには、レーザーのさらなる短波長化、その波長域でのレンズ開発等解決しなければならない課題も多い。

【0004】 一方、光による 0.1 μ m 以下の微細加工を可能にする手段として、近接場光学顕微鏡（以下 SNOM と略す）の構成を用いた微細加工装置が提案されている。例えば、100 nm 以下の大きさの微小開口からしみ出るエバネッセント光を用いてレジストに対し、光波長限界を超える局所的な露光を行う装置である。

【0005】 しかしながら、これらの SNOM 構成のリソグラフィー装置では、いずれも 1 本（または数本）の加工プローブで一筆書きのように微細加工を行っていく構成であるため、あまりスループットが向上しないという問題点を有していた。

【0006】 これを解決する一つの方法として、光マスクに対してプリズムを設け、全反射の角度で光を入射させ、全反射面からしみ出るエバネッセント光を用いて光マスクのパターンをレジストに対して一括して転写するという提案が特開平 08-179493 号公報に開示されている。

【0007】 特開平 08-179493 号公報に記載のプリズムを用いたエバネッセント光による一括露光装置では、プリズム・マスクとレジスト面との間隔を 100 nm 以下に設定することが必須である。しかしながら、実際はプリズム・マスクや基板の面精度に限界があり、プリズム・マスク面全面にわたってレジスト面との間隔を 100 nm 以下に設定することが難しい。また、プリズム・マスクと基板との位置合わせに際し、少しでも傾きがあると、やはり、プリズム・マスク面全面にわたってレジスト面との間隔を 100 nm 以下に設定することが難しい。

【0008】 この状態で、プリズム・マスクをレジスト面に無理に押し付けて密着させようとすると、基板に変形が生じて露光パターンにムラが生じたり、プリズム・マスクによりレジストが部分的に押し潰されてしまったという問題点があった。

【0009】 そこで、マスクを弾性体で構成し、レジスト面形状に対して倣うようにマスクを弾性変形されることにより、マスク全面をレジスト面に密着させ、マスク上の金属薄膜に形成されている微小開口パターンからしみ出るエバネッセント光により、レジスト露光を行う方法が有効である。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】 上記のエバネッセント光を用いた露光装置において、マスク上の金属薄膜の厚さを 100 nm 程度とすれば、入射光が金属薄膜の微小開口パターン形成部分以外の部分を透過する直接透過光をほぼ 100% 遮光することができ、微小開口パターン形

成部分に対向する部分以外のレジスト表面が露光することを防止することができる。

【0011】しかしながら、さらに線幅の小さいパターンを形成するためには、微小開口パターンの開口幅を小さくする必要がある。すなわち、微小開口パターンのアスペクト比(=金属薄膜の膜厚/微小開口パターンの開口幅)が大きくなると言う問題がある。

【0012】前述の微小開口パターンからしみ出るエバネッセント光を用いた露光方式では、微小開口パターンの開口幅が小さくなるにつれ、エバネッセント光の光量が減少する。また、同じ開口幅であっても、金属薄膜の膜厚が大きいほど、エバネッセント光の光量が減少する。これは、光波長より小さい幅の通り路の長さが長いほどエバネッセント光がしみ出しにくいことによる。これらの理由から、微小開口パターンの開口幅が小さくなるにつれ、露光時間が増大すると言う問題がある。

【0013】また、微小開口パターンの開口幅を小さくしようとすると、アスペクト比が大きくなり、エバネッセント光露光マスク作製に、より高度な技術が必要になり、歩留まりが低下してしまうと言う問題がある。

【0014】本発明の目的は微小開口パターンからしみ出るエバネッセント光を用いた露光方式において、露光マスクに使用される光の波長と金属薄膜の厚みとの最適な条件を持つ露光マスクと、その露光マスクを使用し最適な露光時間を有する露光装置を提供することである。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明のエバネッセント光露光マスクは、おもて面に幅が100nm以下の開口からなる微小開口パターンが形成された金属薄膜を有するマスクのおもて面を被露光物に対向して配置し、露光光源から露光用の光を該マスク裏面に照射し、該微小開口パターンからしみ出るエバネッセント光により、該被露光物の該微小開口パターンの転写を行うためのエバネッセント光露光マスクであって、 \ln を自然対数、 λ を露光用の光の波長、 k を薄膜を形成する金属の消衰係数、 A を $3 < A < 30$ なる整数とし、該金属薄膜の膜厚を L とする時、 $L = \ln A \cdot \lambda / 2\pi k$ を満たす。

【0016】また、本発明のエバネッセント光露光装置は、おもて面に幅が100nm以下の開口からなる微小開口パターンが形成された金属薄膜を有するマスクのおもて面を被露光物に対向して配置し、露光光源から露光用の光を該マスク裏面に所定の時間照射し、該微小開口パターンからしみ出るエバネッセント光により、該被露光物の該微小開口パターンの転写を行うためのエバネッセント光露光装置であって、 \ln を自然対数、 λ を露光用の光の波長、 k を薄膜を形成する金属の消衰係数、 A を $3 < A < 30$ なる整数とし、該金属薄膜の膜厚を L とする時、 $L = \ln A \cdot \lambda / 2\pi k$ を満たし、 E_{th} を該被露光物の露光感度とし、該露光用の光のパワーを P 、露光時

間を t とする時、 $P \cdot t < E_{th} \cdot A$ を満たす。

【0017】また、デバイスの製造方法は、エバネッセント光露光用マスクを用いて該マスク上のパターンを転写した基板を加工処理することによりデバイスを製造することを特徴とする。

【0018】また、デバイスの製造方法は、エバネッセント光露光装置を用いてパターンを転写した基板を加工処理することによりデバイスを製造することを特徴とする。これにより、入射光強度に対する直接透過光強度の比が $1/3 \sim 1/30$ になり、直接透過光の光量ではレジストに対する露光が行われず、微小開口パターンからしみ出るエバネッセント光の光量ではレジストに対する露光が行われる。

【0019】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0020】図1は、本発明のエバネッセント光露光用マスクの構成を表す図面、図2は、このエバネッセント光露光用マスクを用いた露光装置の構成を表す図面である。図2において、201は本発明の露光用のマスクとして用いるエバネッセント光露光用マスクである。エバネッセント光露光用マスク201は、マスク母材202、金属薄膜203から構成されている。マスク母材202上に金属薄膜203が設けられており、金属薄膜203に微小開口パターン204が形成されている。

【0021】エバネッセント光露光用マスク201のおもて面(図2では下側)は圧力調整容器205外に、裏面(図2では上側)は圧力調整容器205内に面するように配置されている。圧力調整容器205は内部の圧力を調整することができるようになっている。

【0022】基板206の表面にレジスト207を形成したもの(以降、レジスト207/基板206のように/を用いて表記する)を被露光物とする。レジスト207/基板206をステージ208上に取り付け、ステージ208を駆動することにより、エバネッセント光露光用マスク201に対する基板206のマスク面内2次元方向の相対位置合わせを行う。次に、マスク面法線方向にステージ208を駆動し、エバネッセント光露光用マスク201のおもて面と基板206上のレジスト207面との間隔が全面にわたって100nm以下になるように両者を密着させる。

【0023】この後、露光光源209から出射される露光光210をコリメーターレンズ211で平行光にした後、ガラス窓212を通し、圧力調整容器205内に導入し、エバネッセント光露光用マスク201に対して裏面(図2では上側)から照射し、エバネッセント光露光用マスク201のおもて面のマスク母材202上の金属薄膜203に形成された微小開口パターン204からしみ出すエバネッセント光でレジスト207の露光を行う。

【0024】ここで、レジスト207の材料としては、

通常の半導体プロセスに用いられるフォトリソ材料を選択すればよい。これらのリソ材料に対して露光可能な波長はおおむね200～500nmの範囲にあるが、特に350～450nmの範囲にあるg線・i線対応のフォトリソ材料を選択すれば、種類も多く、比較的安価であるため、プロセス自由度も高く、コストが低減できる。

【0025】これらのフォトリソには、それぞれ膜厚や露光波長に対応した露光感度 E_k （＝露光に関するしきい値）が存在し、露光感度 E_k 以上の光量を照射することによって、露光が行われる。本発明のエバネッセント光露光装置では、後に詳述するように、リソ膜厚が100nm以下であることが望ましく、これらのフォトリソを膜厚100nm以下で用いる場合の露光感度 E_k は、おおむね5～50mJ/cm²の範囲にある。

【0026】露光光源209としては、用いるリソ207を露光可能な波長の光を照射するものを用いる必要がある。例えば、リソ207として、前述のg線・i線対応のフォトリソ材料を選択した場合、露光光源209として、HeCdレーザー（波長：325nm、442nm）、GaAs系の青色半導体レーザー（同：～410nm）や、赤外光レーザーの第2高調波（SHG）レーザー、第3高調波（THG）レーザー、水銀ランプ（g線：436nm、i線：365nm）を用いればよい。

【0027】露光光源209の駆動電圧・電流及び照射時間を調節することにより、露光光量の調節を行う。例えば、ビーム径1mm、光出力100mWのHeCdレーザーのビームをビーム・エクステンダーやコリメーターレンズを用いて、100mm×100mmの領域に拡大した場合、単位面積当たりの光パワーは1mW/cm²となる。この光をリソ表面に10秒間照射すると、リソの露光光量は10mJ/cm²となり、この値が前述のリソの露光感度 E_k を越えている場合、露光が行われる。実際はエバネッセント光露光マスクを間に挟んだ状態で、光照射が行われるので、マスクの透過率を考慮した光のパワーの調整が必要である。

【0028】ここで、図3を用い、エバネッセント光による露光の原理を説明する。

【0029】図3において、エバネッセント光露光マスク301を構成するマスク母材302に入射した入射光303は、金属薄膜304に形成された微小開口パターン305を照射する。ここで、微小開口パターン305の大きさ（幅）は、入射光303の波長に比べて小さく100nm以下である。

【0030】通常、光は波長より小さいサイズの開口をほとんど透過しないが、開口の近傍にはエバネッセント光306と呼ばれる光がわずかにしみ出している。この光は、開口からやく100nmの距離以下の近傍にのみ存在する非伝搬光であり、開口から離れるとその強度が急激に減少する性質のものである。

【0031】そこで、このエバネッセント光306がしみ出している微小開口パターン305に対して、基板307上に形成したリソ308表面を100nm以下の距離にまで近づける。すると、このエバネッセント光306がリソ308中で散乱されて伝搬光に変換され、リソ308に露光する。

【0032】ここで、金属薄膜304の厚さを100nm程度とすれば、入射光303が金属薄膜304の微小開口パターン305形成部分以外の部分を透過する直接透過光309をほぼ100%遮光することができ、微小開口パターン305形成部分に対向する部分以外のリソ308表面が露光することを防止することができる。

【0033】しかし、本発明が解決しようとする課題で説明したように、さらに線幅の小さいパターンを形成するためには、微小開口パターン305の開口幅を小さく、すなわち、微小開口パターン305のアスペクト比（＝金属薄膜304の膜厚／微小開口パターン305の開口幅）を大きくする必要がある。

【0034】また、微小開口パターン305からしみ出るエバネッセント光306を用いた露光方式では、微小開口パターン305の開口幅が小さくなるにつれ、エバネッセント光306の光量が減少する。また、同じ開口幅であっても、金属薄膜304の膜厚が大きいほど、エバネッセント光306の光量が減少する。これは、波長より小さい幅の通りの路の長さが長いほどエバネッセント光がしみ出しにくいことによる。これらの理由から、微小開口パターン305の開口幅を小さくすることにつれ、露光時間が増大してしまう。

【0035】これらの課題を解決するために、本発明のエバネッセント光露光マスク301は、入射光303に対する直接透過光309の強度が1/3～1/30になる程度に金属薄膜304の膜厚を薄いものとし、かつ、直接透過光309の光量ではリソ308に対する露光が行われず、微小開口パターン305からしみ出るエバネッセント光306の光量によってリソ308に対する露光が行われるような光量値の入射光を照射する条件を設定する。

【0036】金属薄膜に光を照射した場合、光が薄膜表面から内部に侵入するにしたがって、光強度が減衰する。入射光強度に対し、光強度が1/Aに減衰する距離はL[m]とすると、

$$L = \ln A \cdot \lambda / 2\pi \quad \dots \dots \dots (1)$$

と表される。ここで、lnは自然対数を示す。λは入射光の波長である。kは金属薄膜の消衰係数であり、金属材料及び光波長により決まる値である。いくつかの金属材料における消衰係数の値を下表に示す。

【0037】

金属材料	消衰計数（光波長 [nm]）	
Al	2.85	(431)
Sb	3.13	(431)

7

Au	1.79	(440)
Pt	2.83	(431)
Ag	2.39	(450)

金属薄膜304の膜厚をL[m]、入射光強度をP[W]、照射時間をt[s]とすると、直接透過光強度は、 P/A

であり、直接透過光量は、 $P \cdot t/A$

となる。直接透過光がレジストを露光しないようにするためには、この値が、前述のレジストの露光感度 E_{th} を超えない、すなわち、

$$E_{th} > P \cdot t/A \cdots \cdots (2)$$

を満たすように、入射光強度及び露光時間を設定すればよい。

【0038】本発明のエバネッセント光露光装置では、Aの値が3以下の場合、エバネッセント光の光量と直接透過光の光量とが近い場合、微小開口パターン305形成部分と非形成部分とで露光量に差が取れず、形成された潜像パターンのコントラストが低下する。

【0039】また、Aの値が30以上の場合、エバネッセント光の光量に比べて、直接透過光の光量を小さくすることができ、微小開口パターン305形成部分と非形成部分とで露光量の差を大きくとることが可能で、形成潜像パターンのコントラストが向上する。しかしながら、エバネッセント光の光量の絶対値が小さくなるため、露光に長い時間を要するようになる。

【0040】以上のことから、Aの値の範囲として $3 < A < 30 \cdots \cdots (3)$

を満たすようにすることにより、エバネッセント光の光量に比べて、直接透過光の光量を小さくすることができ、微小開口パターン305形成部分と非形成部分とで露光量の差を大きくとることが可能で、形成潜像パターンのコントラストが向上し、しかも、エバネッセント光の光量の絶対値も比較的大きくすることが可能であるため、露光時間が短縮される。

【0041】さらに、Aの値が10に近い値、すなわち、

$$5 < A < 20 \cdots \cdots (3')$$

を満たすようにすれば、形成潜像パターンのコントラストが大きく、露光時間も短く、最も効率的な露光が実現される。

【0042】以下に具体的数値例を挙げる。

【0043】金属薄膜304としてAlを選択し、露光波長 $\lambda = 431 \text{ nm}$ 、 $A = 10$ とすると、(1)式から

$$L = 55.3 \text{ nm}$$

となる。

【0044】したがって、Al膜厚を55.3 nmとし、レジストとして、膜厚100 nm、露光波長 $\lambda = 431 \text{ nm}$ における感度 $E_{th} = 10 \text{ mJ/cm}^2$ のものを選択すると、(2)式から

$$P \cdot t < 100 \text{ [mJ/cm}^2]$$

8

を満たすように、露光光源の光量(=光強度×露光時間)を決めればよい。

【0045】さて、レジスト308膜厚が十分に薄ければ、レジスト308中でエバネッセント光の散乱は面内(横)方向にあまり広がることなく、入射光303の波長より小さい大きさの微小開口パターン305に応じた微小パターンの潜像をレジストに形成・転写することができる。

【0046】このようにエバネッセント光による露光を行った後は、通常のプロセスを用いて基板307の加工を行う。例えば、レジストを現像した後、エッチングを行うことにより、基板307に対して上述の微小開口パターン305に応じた微小パターンを形成する。これを用いて半導体チップや液晶デバイス、センサデバイス等のデバイスが製造される。この点の詳細はよく知られているので省略する。

【0047】次に、エバネッセント光露光マスクとレジスト/基板の密着方法について図2を用いて詳細に説明する。

【0048】エバネッセント光露光マスク201のおもて面と基板206上のレジスト207面がともに完全に平坦であれば、全面にわたって両者を密着させることが可能である。しかしながら、実際には、マスク面やレジスト/基板面に凹凸やうねりが存在するので、両者を近づけ、接触させただけでは、密着している部分と非密着部分が混在する状態になってしまう。

【0049】そこで、エバネッセント光露光マスク201の裏面からおもて面方向に向かって圧力を印加することにより、エバネッセント光露光マスク201に弾性変形による撓みを生じさせ、レジスト207/基板206に押し付けるようにすることにより、全面にわたって密着させることができる。

【0050】このような圧力を印加する方法の一例として、図2に示したように、エバネッセント光露光マスク201のおもて面を圧力調整容器205外側に面するように、裏面を圧力調整容器205内側に面するように配置させ、ポンプ等の圧力調整手段213を用いて、圧力調整容器内に高圧ガスを導入し、圧力調整器205内が外気圧より高い圧力になるようにする。

【0051】他の例として、圧力調整容器205の内部を露光光210に対して透明な液体で満たし、シリンダーを用いて圧力調整容器205内部の液体の圧力を調整するようにしてもよい。

【0052】さて、圧力調整手段213から圧力調整容器205内に高圧ガスを導入し、圧力調整容器205内の圧力を増大させ、エバネッセント光露光マスク201のおもて面と基板206上のレジスト207面とを全面にわたって均一な圧力で密着させる。

【0053】このような方法で圧力の印加を行うと、パスカルの原理により、エバネッセント光露光マスク20

1のおもて面と基板206上のレジスト207面との間に作用する斥力が均一になる。このため、エバネッセント光露光マスク201や基板206上のレジスト207面に対し、局所的に大きな力が加わることがなく、エバネッセント光露光マスク201や基板206、レジスト207が局所的に破壊されることがなくなる。

【0054】このとき、圧力調整容器205内の圧力を調整することにより、エバネッセント光露光マスク201と、レジスト207／基板206との間に働かせる押し付け力、すなわち両者の密着力を制御することができる。例えば、マスク面やレジスト／基板面の凹凸やうねりがやや大きいときには、圧力調整容器内の圧力を高めに設定することにより、密着力を増大させ、凹凸やうねりによるマスク面と、レジスト／基板面との間の間隔ばらつきをなくすようにすることができる。

【0055】ここでは、エバネッセント光露光マスクと、レジスト／基板とを密着させるために、エバネッセント光露光マスクの裏面を加圧容器内に配置し、加圧容器内より低い外気圧との圧力差により、エバネッセント光露光マスクの裏面側からおもて面側に圧力が加わるようにした例を示したが、逆の構成として、エバネッセント光露光マスクのおもて面及びレジスト／基板を減圧容器内に配置し、減圧容器内より高い外気圧との圧力差により、エバネッセント光露光マスクの裏面側からおもて面側に圧力が加わるようにしてもよい。いずれにしても、エバネッセント光露光マスクのおもて面側に比べ、裏面側が高い圧力となるような圧力差を設けるようにすればよい。

【0056】さて、エバネッセント光露光終了後におけるエバネッセント光露光マスクと、レジスト／基板との剥離方法について説明する。

【0057】圧力調整手段213を用いて、圧力調整器205内の圧力を外気圧より小さくし、基板206上のレジスト207面からエバネッセント光露光マスク201上の金属薄膜203面を剥離させる。

【0058】また、このような方法で圧力の減圧を行い、レジスト207／基板206からのエバネッセント光露光マスク201の剥離を行う場合、パスカルの原理により、エバネッセント光露光マスク201のおもて面と基板206上のレジスト207面との間に作用する引力が均一になる。このため、エバネッセント光露光マスク201や基板206上のレジスト207面に対し、局所的に大きな力が加わることがなく、エバネッセント光露光マスク201や基板206、レジスト207が剥離時に局所的に破壊されることがなくなる。

【0059】このとき、圧力調整容器205内の圧力を調整することにより、エバネッセント光露光マスク201と、レジスト207／基板206との間に働く引力、すなわち両者の引っ張り力を制御することができる。例えば、マスク面と、レジスト／基板面との間の吸着力が

大きいときには、圧力調整容器内の圧力をより低めに設定することにより、引っ張り力を増大させ、剥離しやすくすることができる。前述したように、密着時の圧力印加の装置構成において、図2とは逆の構成として、エバネッセント光露光マスクのおもて面及びレジスト／基板とを減圧容器内に配置し、減圧容器内より高い外気圧との圧力差により、エバネッセント光露光マスクの裏面側からおもて面側に圧力が加わるようにした場合は、剥離時には、容器内を外気圧より高い圧力にすればよい。

【0060】いずれにしても剥離時には、エバネッセント光露光マスクのおもて面側に比べ、裏面側が低い圧力となるような圧力差を設けるようにすればよい。

【0061】

【実施例】図1に本発明のエバネッセント光露光マスクの構成の詳細を示す。図1(a)はマスクのおもて面側から見た図、図1(b)は断面図である。

【0062】図1に示すように、エバネッセント光露光マスクは、 $0.1 \sim 1 \mu\text{m}$ の膜厚の薄膜からなる露光波長の光に対して透明なマスク母材101上に前述したように膜厚L

$$L = \ln A \cdot \lambda / 2\pi$$

(ただし、 $3 < A < 30$)の金属薄膜102を設け、 100 nm 以下の幅の微小開口パターン103を形成したものである。マスク母材101は、基板104に支持されている。

【0063】マスク母材101の厚さが薄ければ、より弾性変形しやすく、レジスト／基板表面のより細かな大きさの凹凸やうねりに対してまで倣うように弾性変形することが可能であるため、より密着性が増すことになる。しかしながら、露光面積に対して薄すぎるとマスクとしての強度が不足したり、密着および露光を行った後、剥離させる場合にレジスト／基板との間に作用する吸着力で破壊してしまったりする。

【0064】以上の機械的特性の観点からは、マスク母材101の厚さとして、 $0.1 \sim 1 \mu\text{m}$ の範囲にあることが望ましい。

【0065】次に、本発明のエバネッセント光露光マスクの作製方法の詳細について、図4を用いて説明する。

【0066】図4aに示すように、両面研磨された厚さ $500 \mu\text{m}$ のSi(100)基板401に対し、LP-CVD法を用い、表面(図4中では上面)と裏面(図4中では下面)にそれぞれ、膜厚 $2 \mu\text{m}$ のマスク母材用の Si_3N_4 膜402とエッチング窓用の Si_3N_4 膜403を成膜する。その後、水晶振動子による膜厚モニターにより制御を行いながら、微小開口パターンを形成するための金属膜として、蒸着法により表面の Si_3N_4 膜402上にAl薄膜404を膜厚が 55.3 nm となるように成膜する。

次に、図4bに示すように、表面に電子線用のレジスト405を塗布し、電子線ビーム406で 10 nm 幅の描画パターン407を形成し、図4cに示すように、現像を

行った後、 CCl_4 でドライエッチングを行い、Al薄膜304に微小開口パターン408を形成する。

【0067】続いて、図4cに示すように、裏面の Si_3N_4 膜403にエッチング用の窓409を形成し、図4dに示すように、 Si 基板401に対し、 KOH を用いて裏面から異方性エッチングを行い、薄膜状のマスク410を形成する。

【0068】最後に、図4eに示すように、マスク支持部材411に接着し、エバネッセント光露光マスクとする。

【0069】本実施例では、Al薄膜404に対する微小開口パターン408形成工程に、電子線による加工法を用いた例を示したが、電子線加工以外にも集束イオンビーム加工法、X線リソグラフィ法、走査型プローブ顕微鏡（SPM）加工法を用いてもよい。中でも走査型トンネル顕微鏡（STM）や原子間力顕微鏡（AFM）、近接場光学顕微鏡（SNOM）に代表されるSPM技術を応用した加工法を用いて微小開口パターン形成を行えば、10nm以下の極微小開口パターン形成が可能であるため、これも本発明に極めて適した加工法である。

【0070】本実施例では、マスク母材を薄膜化し、弾性変形させることにより、レジスト面形状に対して倣わせ、マスク全面をレジスト面に密着させる例を示した。本発明の概念はこれに限定されるものではなく、薄膜化せず、剛性の高いマスク母材の場合も適用される。しかしながら、この場合はマスク面とレジスト面との全面密着性が悪化してしまう。

【0071】また、レジスト／基板に密着する側の金属薄膜102表面が平坦でないと、マスクとレジスト／基板がうまく密着せず、結果として露光ムラを生じてしまう。このため、金属薄膜102表面の凹凸の大きさは、少なくとも100nm以下、望ましくは10nm以下という極めて平坦なものである必要がある。

【0072】ここで、微小開口パターンの幅は露光に用いる光の波長より小さく、レジストに対して行う所望のパターン露光幅とする。具体的には、1～100nmの範囲から選択することが好ましい。微小開口パターンが100nm以上の場合は、本発明の目的とするエバネッセント光ばかりでなく、強度的により大きな直接光がマスクを透過してしまうことになり好ましくない。また、1nm以下の場合は、露光が不可能ではないが、マスクから滲み出すエバネッセント光強度が極めて小さくなり、露光に長時間を要するのであまり実用的でない。

【0073】なお、微小開口パターンの幅は100nm以下である必要があるが、長手方向の長さに関しては制限はなく、自由なパターンを選択することができる。例えば、図1aに示したようなカギ型パターンでもよいし、

（図示しないが、）S字パターンでもよい。

【0074】本発明のエバネッセント光露光装置に適用する被加工用の基板206として、 Si 、 GaAs 、 InP 等の

半導体基板や、ガラス、石英、 BN 等絶縁性基板、それらの基板上に金属や酸化物、窒化物等を成膜したもの等広く用いることができる。

【0075】ただし、本発明のエバネッセント光露光装置では、エバネッセント光露光用マスク201と、レジスト207／基板206との露光領域全域にわたって、少なくとも100nm以下、望ましくは10nm以下の間隔になるよう密着させることが重要である。したがって、基板としては、なるべく平坦なものを選択する必要がある。

【0076】同様に、本発明で用いるレジスト207も表面の凹凸が小さく平坦である必要がある。また、エバネッセント光露光マスク201から滲み出た光は、マスクから距離が遠ざかるにつれて指数関数的に減衰するため、レジスト207に対して100nm以上の深いところまで露光しにくいこと、及び、散乱されるようにレジスト中に広がり、露光パターン幅を広げることになることを考慮すると、レジスト207の厚さは、少なくとも100nm以下で、さらにできるだけ薄い必要がある。

【0077】以上から、レジスト材料・コーティング方法として、少なくとも100nm以下、望ましくは10nm以下の膜厚であって、かつ、レジスト表面の凹凸の大きさが少なくとも100nm以下、望ましくは10nm以下という極めて平坦なものであるような材料・コーティング方法を用いる必要がある。

【0078】このような条件を満たすものとして、レジスト材料をなるべく粘性が低くなるように溶媒に溶かし、スピンコートで極めて薄くかつ均一厚さになるようコーティングしてもよい。

【0079】また、他のレジスト材料コーティング方法として、一分子中に疎水基、親水基官能基を有する両親媒性レジスト材料分子を水面上に並べた単分子膜を所定の回数、基板上にすくいとることにより、基板上に単分子膜の累積膜を形成するLB（Langmuir Blodgett）法を用いてもよい。

【0080】また、溶液中や気相中で、基板に対して、一分子層だけ物理吸着あるいは化学結合することにより基板上に光レジスト材料の単分子膜を形成する自己配向単分子膜（Self Assemble Monolayer）形成法を用いてもよい。

【0081】これらのコーティング方法のうち、後者のLB法やSAM形成法は極めて薄いレジスト膜を均一な厚さで、しかも表面の平坦性よく形成することができるため、本発明のエバネッセント光露光装置に極めて適したレジスト材料のコーティング方法である。

【0082】エバネッセント光露光においては、露光領域全面にわたりエバネッセント光露光用マスク201と、レジスト207／基板206との間隔が100nm以下でしかもばらつきがなく一定に保たれている必要がある。

【0083】このため、エバネッセント光露光に用いる基板としては、他のリソグラフィプロセスを経て、既に凹凸を有するパターンが形成され、基板表面に100nm以上の凹凸があるものは好ましくない。

【0084】したがって、エバネッセント光露光には、他のプロセスをあまり経ていない、プロセスの初期の段階のできるだけ平坦な基板が望ましい。したがって、エバネッセント光露光プロセスと他のリソグラフィプロセスを組み合わせる場合も、エバネッセント光露光プロセスをできるだけ、初めに行うようにするのが望ましい。

【0085】また、図3において、エバネッセント光露光用マスク上の微小開口パターン305からしみ出すエバネッセント光306の強度は、微小開口パターン305の大きさによって異なるので、微小開口の大きさがまちまちであると、レジスト308に対する露光の程度にばらつきが生じてしまい、均一なパターン形成が難しくなる。そこで、これを避けるために、一回のエバネッセント光露光プロセスで用いるエバネッセント光露光マスク上の微小開口パターンの幅を揃える必要がある。

【0086】以上の説明では、基板全面に対応するエバネッセント光露光マスクを用い、基板全面に一括でエバネッセント光露光を行う装置について説明を行った。本発明の概念はこれに限定されるものでなく、基板より小さなエバネッセント光露光マスクを用い、基板の一部分に対するエバネッセント光露光を行うことを基板上の露光位置を変えて繰り返し行うステップ・アンド・リピート方式の装置としてもよい。

【0087】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、微小開口パターンを形成したエバネッセント光露光マスクをレジスト/基板面に密着させて、微小開口パターンからしみ出したエバネッセント光でレジスト面に露光を行う露光装置に用いるエバネッセント光露光マスクにおいて、入射光に対する直接透過光の強度が1/3~1/30になる程度に金属薄膜の膜厚を薄いものとし、かつ、直接透過光の光量ではレジストに対する露光が行われず、微小開口パターンからしみ出るエバネッセント光の光量ではレジストに対する露光が行われるような光量値の入射光を照射することにより、微小開口パターンの開口幅の小さい場合の露光時間が短縮し、スループットを向上させることができた。また、エバネッセント光露光マスク作製の歩留まりを向上させることができた。

【0088】本発明によれば、微小開口パターンからしみ出るエバネッセント光を用いた露光方式において、露光マスクに使用される光の波長と金属薄膜の厚みとの最適な条件を持つ露光マスクと、その露光マスクを使用し最適な露光時間を有する露光装置を提供することのでき

る効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のエバネッセント光露光マスクの構成図である。

【図2】エバネッセント光露光用マスクを用いた露光装置の構成を表す図である。

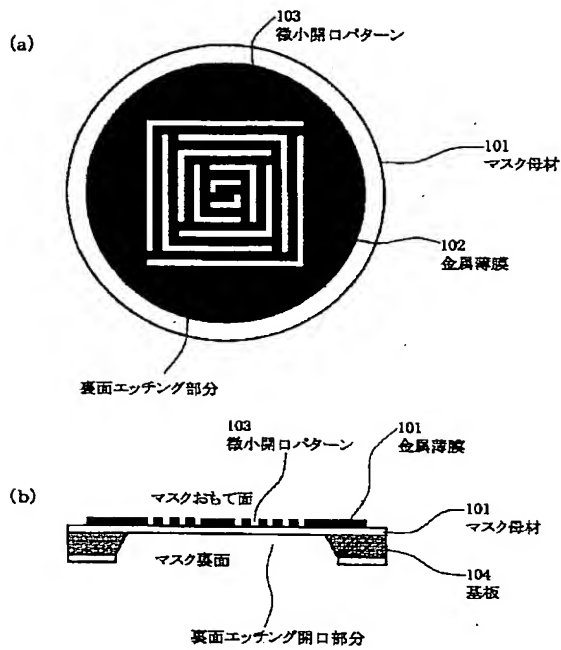
【図3】本発明のエバネッセント光による露光原理の説明図である。

【図4】エバネッセント光露光マスク作製方法の詳細説明図である。

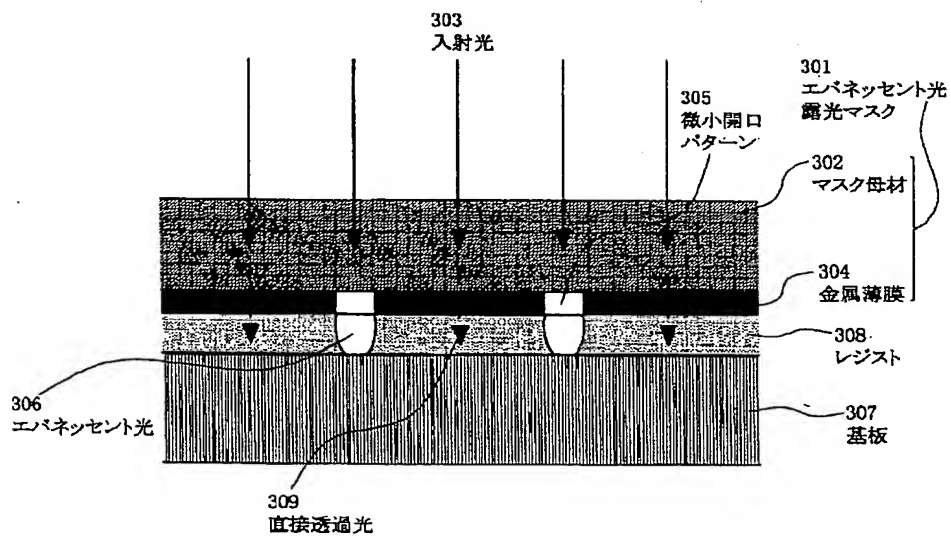
【符号の説明】

101	マスク母材
102	金属薄膜
103	微小開口パターン
104	基板
210	エバネッセント光露光マスク
202	マスク母材
203	金属薄膜
204	微小開口パターン
205	圧力調整容器
206	基板
207	レジスト
208	ステージ
209	露光光源
210	露光光
211	コリメーターレンズ
212	ガラス窓
213	圧力調整手段
301	エバネッセント光露光マスク
302	マスク母材
303	入射光
304	金属薄膜
305	微小開口パターン
306	エバネッセント光
307	基板
308	レジスト
309	直接透過光
401	Si基板
402	Si, N _x 膜
403	Si, N _x 膜
404	Al薄膜
405	電子線レジスト
406	電子線ビーム
407	描画パターン
408	微小開口パターン
409	エッチング用の窓
410	薄膜状のマスク
411	マスク支持部材

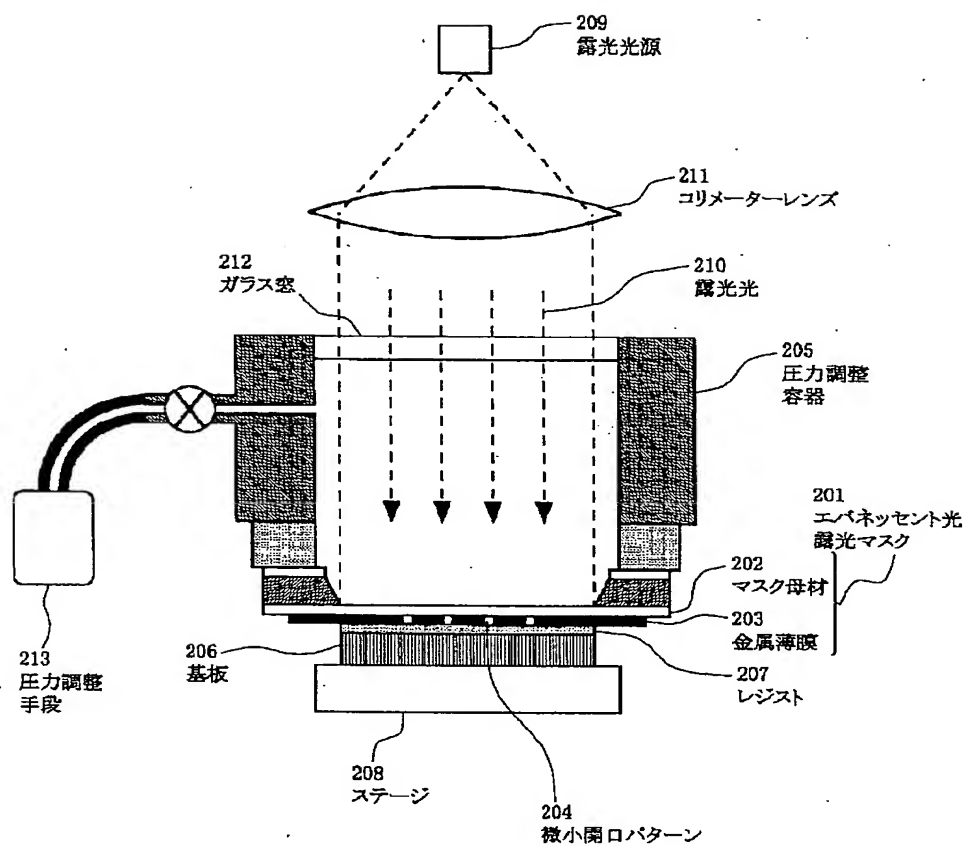
【図1】



【図3】



【図2】



【図4】

